

30. 3. 2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

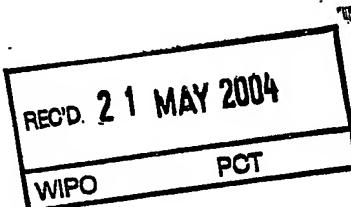
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 9月11日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-319165  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2003-319165]

出願人 独立行政法人 科学技術振興機構  
Applicant(s):

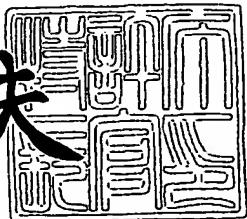


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 Y2003-P185  
【提出日】 平成15年 9月11日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 F16F 15/00  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都稻城市向陽台 6-19-1-504  
【氏名】 水野 肇  
【特許出願人】  
【識別番号】 396020800  
【氏名又は名称】 科学技術振興事業団  
【代表者】 沖村 憲樹  
【代理人】  
【識別番号】 100099265  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 長瀬 成城  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 019149  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0013152

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項1】**

正のバネ特性を有する支持機構と負のバネ特性を有する支持機構とを直列に接続した支持機構と、前記支持機構と並列に正のバネ特性を有する荷重支持機構とによって装置上で発生する直動外乱に対して略無限大の剛性を有せしめるとともに、床に対する振動を絶縁することを特徴とする除振方法。

**【請求項2】**

床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間に永久磁石と電磁石とから構成されるゼロパワー特性を有する磁気浮上機構を配設し、さらに床と第2部材との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配設することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第2部材に係る荷重を前記磁気浮上機構と前記荷重支持機構により支持できるようにしたことを特徴とする除振方法。

**【請求項3】**

床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間に永久磁石と電磁石とから構成されるゼロパワー特性を有する磁気浮上機構とその磁気浮上機構と並列に正のバネ特性を有するバネ要素を配設し、さらに床と第2部材との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配設することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第2部材に係る荷重を前記磁気浮上機構と前記荷重支持機構により支持できるようにしたことを特徴とする除振方法。

**【請求項4】**

床と第1部材との間に正のバネ特性を有するバネ要素とそのバネ要素と並列にリニアアクチュエータを配置し、床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間に永久磁石と電磁石とから構成されるゼロパワー特性を有する磁気浮上機構を配設し、さらに床と第2部材との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配設することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第2部材に係る荷重を前記磁気浮上機構と前記荷重支持機構により支持できるようにしたことを特徴とする除振方法。

**【請求項5】**

床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間に負のバネ特性を有するゼロパワー磁気浮上機構を配置し、さらに第2部材と床との間に正のバネ特性を有する空気バネからなる荷重支持機構を配置することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁し、さらに、前記第2部材に作用する荷重の一部を前記荷重支持機構により支持することを特徴とする除振方法。

**【請求項6】**

床に所定の正のバネ特性を有するバネによって支持された中間台と、該中間台に対して永久磁石と電磁石とから構成されて所定の負のバネ特性のゼロパワー特性を有する磁気浮上機構によって支持された除振テーブルとを備え、さらに前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置。

**【請求項7】**

床に所定の正のバネ特性を有するバネによって支持された中間台と、該中間台に対して永久磁石と電磁石とから構成されて所定の負のバネ特性のゼロパワー特性を有する磁気浮上機構およびその磁気浮上機構と並列に配置した正のバネ特性を有するバネ要素によって支持された除振テーブルとを備え、さらに前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置。

**【請求項8】**

床に所定の正のバネ特性を有するバネ要素とリニアアクチュエータとによって支持された中間台と、該中間台に対して永久磁石と電磁石とから構成されて所定の負のバネ特性のゼ

ロパワー特性を有する磁気浮上機構によって支持された除振テーブルとを備え、さらに前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置。

【請求項9】

前記荷重支持機構は、正のバネ特性を有するバネ要素とそのバネ要素に並列に設けた所定の減衰率の減衰装置とから構成されていることを特徴とする請求項6～請求項8のいずれかに記載の除振装置。

【請求項10】

前記荷重支持機構は、正のバネ特性を有する空気バネであることを特徴とする請求項6～請求項8のいずれかに記載の除振装置。

【請求項11】

前記床と中間台との間に、前記正のバネ特性を有するバネ要素と併設して所定の減衰率の減衰装置を設置したことを特徴とする請求項6～請求項10のいずれかに記載の除振装置。

【請求項12】

前記磁気浮上機構を構成する電磁石の吸引力は除振テーブルへ作用する荷重の増減に応じて増減するように構成したことを特徴とする請求項6～請求項11のいずれかに記載の除振装置。

【請求項13】

床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間にアクチュエータと制御装置から構成される支持機構により負のバネ特性を付与することによって、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁し、さらに、前記第2部材と床との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置して、第2部材に作用する荷重の一部を前記荷重支持機構により支持することを特徴とする除振方法。

【請求項14】

床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁し、さらに前記第1部材と第2部材との間にアクチュエータと制御装置から構成される支持機構により負のバネ特性を付与するとともに前記第1部材と第2部材との間に正のバネ特性を有するバネ要素を配置することによって、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁し、さらに、前記第2部材と床との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置して、第2部材に作用する荷重の一部を前記荷重支持機構により支持することを特徴とする除振方法。

【請求項15】

床と第1部材との間に正のバネ特性を有する支持機構とリニアアクチュエータとを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁し、さらに前記第1部材と第2部材との間にアクチュエータと制御装置から構成される支持機構により負のバネ特性を付与するとともに前記アクチュエータと並列に前記第1部材と第2部材との間に正のバネ特性を有するバネ要素を配置することによって、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁し、さらに、前記第2部材と床との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置して、第2部材に作用する荷重の一部を前記荷重支持機構により支持することを特徴とする除振方法。

【請求項16】

床に所定の正のバネ特性を有するバネ要素によって支持された中間台と、該中間台に対してアクチュエータと制御装置から構成されて所定の負のバネ特性を有する支持機構によって支持された除振テーブルとを備え、前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置。

【請求項17】

床に所定の正のバネ特性を有するバネ要素とリニアアクチュエータとによって支持された中間台と、該中間台に対してアクチュエータと制御装置から構成されて所定の負のバネ特性を有する支持機構によって支持された除振テーブルとを備え、前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置。

**【請求項18】**

前記中間台と除振テーブルとの間に設ける支持機構（アクチュエータ）と並列に正のバネ特性を有するバネ要素を備えたことを特徴とする請求項16または請求項17に記載の除振装置。

**【請求項19】**

床に所定の正のバネ特性を有するバネ要素によって支持された複数の中間台と、該複数の中間台に対してアクチュエータと制御装置から構成されて所定の負のバネ特性を有する支持機構によって支持された除振テーブルとを備え、前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置。

**【請求項20】**

前記荷重支持機構は、正のバネ特性を有するバネとそのバネに並列に設けた所定の減衰率の減衰装置とから構成されていることを特徴とする請求項16～請求項19のいずれかに記載の除振装置。

**【請求項21】**

前記荷重支持機構は、正のバネ特性を有する空気バネであることを特徴とする請求項16～請求項19のいずれかに記載の除振装置。

**【請求項22】**

前記床と中間台との間に、前記正のバネ特性を有するバネと併設して所定の減衰率の減衰装置を設置したことを特徴とする請求項16～請求項19のいずれかに記載の除振装置。

**【請求項23】**

前記中間台に設けられたアクチュエータの伸びを除振テーブルへ作用する荷重の増減に応じて増減させるように構成したことを特徴とする請求項16～請求項22のいずれかに記載の除振装置。

**【請求項24】**

前記アクチュエータがボイスコイルモータ、リニアモータ、空気圧アクチュエータ、油圧アクチュエータ等のリニアアクチュエータであり、前記制御装置が変位センサおよび制御回路ならびに電力増幅器から構成されたことを特徴とする請求項16～請求項23のいずれかに記載の除振装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】除振方法およびその装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、正のバネ特性を有する支持機構と並列に、正のバネ特性を有する支持機構と負のバネ特性を有する支持機構を直列に接続した支持機構を配置してなる除振方法およびその装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

現在、半導体デバイス製造システムや極微小領域計測システム等では、急速に高精度化、高性能化ってきており、これらのシステムでは、振動等の外乱を除去する除振、除振装置の重要性が増大している。除振装置で除去すべき振動外乱は、設置床からの振動に起因する地動外乱と、装置のバネ上に入力される直動外乱とに大別でき、前者には低剛性の機構が適しており、後者には高剛性の機構が適している。図10 (A) は、地動外乱を絶縁して除振する従来のパッシブ除振システムを示すのもので、床36からの振動伝達率を低くするためにバネ特性  $k$  を小さくしてバネ剛性を小さくすると、除振テーブル32 (質量  $m$ ) 上の質量変化  $\Delta m$  や除振テーブル32に作用する荷重の変化等のバネ上での外乱に対して弱くなってしまう。逆に、バネ上での外乱に対してはある程度バネ剛性を大きくする必要がある。このような外乱吸収のための低剛性機構と、位置、姿勢保持のための高剛性機構という相反する特性が要求される。

【0003】

図10 (B) に示すように、一般に、正のバネ特性  $k_1$ 、 $k_2$  を有する2つのバネ35-1、35-2を直列に結合して1つの除振機構を構成すると、そのバネ特性は次式で求められる。

$$k_c = k_1 k_2 / (k_1 + k_2) \quad (1)$$

つまり、通常の正のバネ特性を有するバネを直列に結合すると、結合してできたバネ特性は、結合前のバネ特性より必ず小さくなるものである。したがって、これら従来のバネのみを使用した除振装置では、質量変化や振動等のバネ上での外乱に対して高い剛性を確保することが極めて困難であることから、アクティブ除振制御装置が提案された。

【0004】

図11は、一般的なアクティブ除振制御装置の原理を示したもので、除振台110上に設置された加速度センサ114による検出信号に基づいてコントローラ115によって除振台110の振動を抑制する制御入力を計算し、求められた制御入力によって、バネ111および減衰器112と並列に設置されたアクチュエータ113を動作させることによって除振制御を行う。

【0005】

しかしながら、このようなアプローチは、除振台や床の振動が正確に検出されることを前提としており、実現化されるには、低周波の振動まで感度良く検出できるサーボ型加速度センサを用いる必要があるために高価格になる上、採用されるサーボ型加速度センサによっては、直動外乱に対する剛性が未だ充分とは言い難く、完全な振動絶縁性能を確保するには不充分であった。

【0006】

そこで本発明者らは、前記従来の除振方法およびその装置の課題を解決するために、先に、地動外乱に対する振動絶縁性能を損なうことなく、直動外乱に対する高い剛性を確保して、高い除振機能を発揮して精密加工等を可能にする除振方法およびその装置を提案している（特許文献1）。

【0007】

【特許文献1】特開2002-81498

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

上記文献で開示した除振方法および装置は、床と中間台（第1部材）との間をバネにより除振するとともに、前記中間台（第1部材）と除振テーブル（第2部材）との間を永久磁石と電磁石とから構成されるゼロパワー特性を有する磁気浮上機構により除振するもので、床と中間台との間のバネによるバネ除振および中間台と除振テーブル間の磁気浮上機構による除振により地動外乱に対する振動絶縁性能を損なうことなく、直動外乱に対する高い剛性を確保して、高い除振機能を発揮して精密加工等を可能にしている。

## 【0009】

しかしながら、上記文献で開示した除振方法およびその装置は、ゼロコンプライアンス機構としては十分な機能を達成できたが、ステッパー等製品の大型化によって新たな問題が浮き上がってきた。

即ち、負のバネ特性を実現するアクチュエータ（磁気浮上機構等）が当該除振テーブルの全質量を支持しなければならず、そのため、大型除振装置を実現するには、大出力のアクチュエータが必要となるという大きな障害が生じてきた。

また、負のバネ特性を実現するのに、ゼロパワー磁気浮上機構を利用する場合には、ゼロパワー磁気浮上用の永久磁石が大量に必要となってしまい、高コスト化の問題が生じてきた。

## 【0010】

さらに、ゼロパワー磁気浮上のように直流電磁石の吸引力を利用した磁気浮上系では、原理的に浮上対象物に吸引力だけしか作用させられないので、除振テーブルの吸引力が作用する部分は、中間台に下側にある必要がある。このことは、除振装置の構造を複雑にすると同時に装置の設計の自由度を狭めることになる。

## 【0011】

そこで本発明は、ゼロコンプライアンス機構と並列に、荷重支持用のバネ支持機構を配置することにより、地動外乱への振動絶縁特性を劣化させることなく、直動外乱への剛性も高くでき、しかも質量の大きな装置に対しても低コストで高性能を維持できる除振方法およびその装置を提供することを目的とする。

## 【0012】

以下、本発明の原理を図1を用いて説明する。

バネ特性  $k_1$ 、 $k_2$  を持つ二つのバネを直列に統合し、さらにこれにバネ特性  $k_3$  を持つバネを並列に接続して一つのバネを作ると、その合成バネ特性  $k_c$  は次式で求められる。

$$k_c = [k_1 \cdot k_2 / (k_1 + k_2)] + k_3$$

したがって、 $k_1 = -k_2$

という関係を満たすようになれば、 $k_3$  の値に依らず

$$|k_c| = +\infty$$

となることが判る。

## 【0013】

以上のことから、正のバネ特性と負のバネ特性とを直列に接続して構成したゼロコンプライアンス機構と並列に荷重支持用のバネ要素を配設しても、直動外乱に対する剛性は、無限大に保持されることが判る。

本発明は、上記知見に基づいてなされたもので、正のバネ特性を有する荷重支持機構と並列に、正のバネ特性を有する支持機構と負のバネ特性を有する支持機構とを直列に接続した構成を採用した点に特徴がある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0014】

このため、本発明が採用した技術解決手段は、

正のバネ特性を有する支持機構と負のバネ特性を有する支持機構とを直列に接続した支持機構と、前記支持機構と並列に正のバネ特性を有する荷重支持機構とによって装置上で発生する直動外乱に対して略無限大の剛性を有せしめるとともに、床に対する振動を絶縁することを特徴とする除振方法である。

また、床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間に永久磁石と電磁石とから構成されるゼロパワー特性を有する磁気浮上機構を配設し、さらに床と第2部材との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配設することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第2部材に係る荷重を前記磁気浮上機構と前記荷重支持機構により支持できるようにしたことを特徴とする除振方法である。

また、床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間に永久磁石と電磁石とから構成されるゼロパワー特性を有する磁気浮上機構とその磁気浮上機構と並列に正のバネ特性を有するバネ要素を配設し、さらに床と第2部材との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配設することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第2部材に係る荷重を前記磁気浮上機構と前記荷重支持機構により支持できるようにしたことを特徴とする除振方法である。

また、床と第1部材との間に正のバネ特性を有するバネ要素とそのバネ要素と並列にリニアアクチュエータを配置し、床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間に永久磁石と電磁石とから構成されるゼロパワー特性を有する磁気浮上機構を配設し、さらに床と第2部材との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配設することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第2部材に係る荷重を前記磁気浮上機構と前記荷重支持機構により支持できるようにしたことを特徴とする除振方法である。

また、床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材と第2部材との間に負のバネ特性を有するゼロパワー磁気浮上機構を配置し、さらに第2部材と床との間に正のバネ特性を有する空気バネからなる荷重支持機構を配置することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁し、さらに、前記第2部材に作用する荷重の一部を前記荷重支持機構により支持することを特徴とする除振方法である。

また、床に所定の正のバネ特性を有するバネによって支持された中間台と、該中間台に對して永久磁石と電磁石とから構成されて所定の負のバネ特性のゼロパワー特性を有する磁気浮上機構によって支持された除振テーブルとを備え、さらに前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置である。

また、床に所定の正のバネ特性を有するバネによって支持された中間台と、該中間台に對して永久磁石と電磁石とから構成されて所定の負のバネ特性のゼロパワー特性を有する磁気浮上機構およびその磁気浮上機構と並列に配置した正のバネ特性を有するバネ要素によって支持された除振テーブルとを備え、さらに前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置である。

また、床に所定の正のバネ特性を有するバネ要素とリニアアクチュエータとによって支持された中間台と、該中間台に對して永久磁石と電磁石とから構成されて所定の負のバネ特性のゼロパワー特性を有する磁気浮上機構によって支持された除振テーブルとを備え、さらに前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置である。

また、前記荷重支持機構は、正のバネ特性を有するバネ要素とそのバネ要素に並列に設けた所定の減衰率の減衰装置とから構成されていることを特徴とする除振装置である。

また、前記荷重支持機構は、正のバネ特性を有する空気バネであることを特徴とする除振装置である。

また、前記床と中間台との間に、前記正のバネ特性を有するバネ要素と併設して所定の減衰率の減衰装置を設置したことを特徴とする除振装置である。

また、前記磁気浮上機構を構成する電磁石の吸引力は除振テーブルへ作用する荷重の増減に応じて増減するように構成したことを特徴とする除振装置である。

また、床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁すると

とともに、前記第1部材と第2部材との間にアクチュエータと制御装置から構成される支持機構により負のバネ特性を付与することによって、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁し、さらに、前記第2部材と床との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置して、第2部材に作用する荷重の一部を前記荷重支持機構により支持することを特徴とする除振方法である。

また、床と第1部材との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁し、さらに前記第1部材と第2部材との間にアクチュエータと制御装置から構成される支持機構により負のバネ特性を付与するとともに前記第1部材と第2部材との間に正のバネ特性を有するバネ要素を配置することによって、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁し、さらに、前記第2部材と床との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置して、第2部材に作用する荷重の一部を前記荷重支持機構により支持することを特徴とする除振方法である。

また、床と第1部材との間に正のバネ特性を有する支持機構とリニアアクチュエータとを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁し、さらに前記第1部材と第2部材との間にアクチュエータと制御装置から構成される支持機構により負のバネ特性を付与するとともに前記アクチュエータと並列に前記第1部材と第2部材との間に正のバネ特性を有するバネ要素を配置することによって、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁し、さらに、前記第2部材と床との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置して、第2部材に作用する荷重の一部を前記荷重支持機構により支持することを特徴とする除振方法である。

また、床に所定の正のバネ特性を有するバネ要素によって支持された中間台と、該中間台に対してアクチュエータと制御装置から構成されて所定の負のバネ特性を有する支持機構によって支持された除振テーブルとを備え、前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置である。

また、床に所定の正のバネ特性を有するバネ要素とリニアアクチュエータとによって支持された中間台と、該中間台に対してアクチュエータと制御装置から構成されて所定の負のバネ特性を有する支持機構によって支持された除振テーブルとを備え、前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置である。

また、前記中間台と除振テーブルとの間に設ける支持機構（アクチュエータ）と並列に正のバネ特性を有するバネ要素を備えたことを特徴とする除振装置である。

また、床に所定の正のバネ特性を有するバネ要素によって支持された複数の中間台と、該複数の中間台に対してアクチュエータと制御装置から構成されて所定の負のバネ特性を有する支持機構によって支持された除振テーブルとを備え、前記除振テーブルと床との間には正のバネ特性を有する荷重支持機構を配置したことを特徴とする除振装置である。

また、前記荷重支持機構は、正のバネ特性を有するバネとそのバネに並列に設けた所定の減衰率の減衰装置とから構成されていることを特徴とする除振装置である。

また、前記荷重支持機構は、正のバネ特性を有する空気バネであることを特徴とする除振装置である。

また、前記床と中間台との間に、前記正のバネ特性を有するバネと併設して所定の減衰率の減衰装置を設置したことを特徴とする除振装置である。

また、前記中間台に設けられたアクチュエータの伸びを除振テーブルへ作用する荷重の増減に応じて増減させるように構成したことを特徴とする除振装置である。

また、前記アクチュエータがボイスコイルモータ、リニアモータ、空気圧アクチュエータ、油圧アクチュエータ等のリニアアクチュエータであり、前記制御装置が変位センサおよび制御回路ならびに電力増幅器から構成されたことを特徴とする除振装置である。

### 【発明の効果】

#### 【0015】

本発明では、正のバネ特性を有する荷重支持機構と並列に、正のバネ特性を有する支持機構と負のバネ特性を有する支持機構とを直列に接続した構成を採用することにより、以

下のような特有の効果を達成することができる。

(a) 負のバネ特性を有する支持機構を実現するのにゼロパワー磁気浮上機構を利用した場合。

除振テーブルの荷重全部（または一部）を磁気浮上機構によって受ける必要がなくなるので磁石部を小型化でき、コストの大幅な低減が図れる。

また構造を単純化することができ、除振装置全体の設計がやりやすくなると同時に低コスト化を図ることができる。

(b) 負のバネ特性を有する支持機構を実現するのにリニアアクチュエータを利用した場合。

除振テーブルの荷重全部（または一部）をリニアアクチュエータによって受ける必要がなくなるので、低出力はアクチュエータを利用できるようになるので、コストの大幅な低減を図ることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

##### 【0016】

本発明は、正のバネ特性を有する支持機構と負のバネ特性を有する支持機構とを直列に接続した支持機構に対して、正のバネ特性を有する荷重支持機構を並列に配置して構成した除振方法および除振装置である。

##### 【実施例】

##### 【0017】

以下、本発明の除振方法およびその装置の実施の形態を図面に基づいて説明する。本発明は、正のバネ特性を有する支持機構と、負のバネ特性を有する支持機構とを直列に接続するとともに、これらの支持機構に並列に正のバネ特性を有する支持機構を配置したことにより、装置上で発生する直動外乱に対して略無限大の剛性を有せしめるとともに、床に対する振動を絶縁する。さらに除振テーブルの荷重全部（または一部）は磁気浮上機構によって受ける必要がなくなるので磁石部を小型化でき、コストの大幅な低減が図れるものである。以下、負のバネ特性を有する支持機構として、ゼロパワー特性を有する磁気浮上機構を用いた実施例1について説明する。なお、ゼロパワー特性を有する磁気浮上機構および電磁石の制御を含めた基本構成作用は、本発明者が提案した先の特許文献1（特開2002-81498）に示したものを使用するとともに、磁気浮上の原理は本発明の特徴ではないのでその詳細についての説明はここでは省略する。

##### 【0018】

図2は本発明の除振装置の第1実施例を示すもので、本発明は、床1と中間台である第1部材2との間に所定の正のバネ特性k1を有するバネ（バネ要素）を配設して床から第1部材2に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材2と除振テーブルである第2部材3との間に永久磁石6と電磁石7とから構成される負のバネ特性を有する（ゼロパワー特性を有する）磁気浮上機構4を配設してある。さらに、床1と第2部材（除振テーブル）3との間には荷重支持用の正のバネ特性k3を有する荷重支持機構5を配置している。なお、正のバネ特性k1、k3を有する支持機構には、それぞれ必要に応じて所定の減衰率を有する減衰装置c1、c3を図示のように並列に設けることもできる。

##### 【0019】

そして、本実施例の場合には、床1に対して所定の正のバネ特性k3のバネによって支持された除振テーブル3と、中間台2に対して永久磁石と電磁石とから構成されて所定の負のバネ特性k5のゼロパワー特性を有する磁気浮上機構4によって支持された除振テーブル3とから構成されているため、図示の例では、中間台2に設けられた電磁石7の吸引力を永久磁石6が設けられた除振テーブル3の質量増加等に起因する荷重の増減に応じて増減させるように適宜の制御装置（図示省略）により制御することができる。また第2部材3に作用する荷重全部（または一部）を磁気浮上機構4によって受ける必要がなくなる。なお、本例では電磁石7が中間台2に、永久磁石6が除振テーブル3側に取り付けてあるが、これらを逆にしたり、まとめて一方側に取り付けることもできる。また、前記制御装置が変位センサおよび制御回路ならびに電力増幅器から構成されていることは前述した

特許文献1の場合と同様である。さらに電磁石と永久磁石の配置については先に述べた特許文献1（特開2002-81498）段落番号0009内で詳細に説明した構成のものを使用する事ができるのは当然である。

この結果ゼロパワー特性を有する磁気浮上機構内の磁石部を小型化でき、コストの大幅な低減が図れる。また構造を単純化することができ、除振装置全体の設計がやりやすくなると同時に低コスト化を図ることができる。

### 【0020】

図3は本発明の除振装置の第2実施例を示している。前記第1実施例では、除振テーブル3の吸引力が作用する部分は、中間台2の下側にある。これは、ゼロパワー磁気浮上のように直流電磁石の吸引力を利用した磁気浮上系では、原理的に浮上対象物に吸引力だけしか作用させられないためであるが、このことは、除振装置の構造を複雑にすると同時に、装置の設計の自由度を狭めることにもなっている。

これに対し、バネ要素k3を利用して重力よりも大きな上向きの力が除振テーブルに働くようにすれば、図3に示すような構成の除振装置が可能となる。この場合には除振テーブルの磁石の吸引力が作用する部分を中間台の下側にもってくる必要がなくなるので、装置全体の構造を単純化することができる。

### 【0021】

図3を参照して第2実施例の構成を説明すると、床1には正のバネ特性を有する所定のバネ特性からなる支持機構により中間台2が支持されており、さらに中間台2と除振テーブル3との間には負のバネ特性を有する所定のバネ特性を有する磁気浮上機構4が配置されている。除振テーブル3は本例では中間台2の全体を上側から覆うような断面が略コ字状をした形状となっている。さらに、除振テーブル3には荷重支持機構を構成する正のバネ特性k3を有する荷重支持機構が床1と除振テーブル3の間に配置されている。そして、前述した正のバネ特性を有する各支持機構には、それぞれ必要に応じて減衰装置を図に示すように並列に設ける。なお、本例では磁気浮上機構は中間台側に設けてあるが、除振テーブル3側に設けることもできる。

### 【0022】

図4は本発明の除振装置の第3実施例を示している。前記第2実施例では、負のバネ特性の大きさは、ゼロパワー磁気浮上の永久磁石の強さと、中間台において永久磁石の吸引力が作用する箇所と永久磁石の間の空隙の大きさで決まってしまう。このため、第3実施例では、ゼロパワー磁気浮上機構と並列に正のバネ特性を有するバネ要素k2を挿入することによって、負のバネ特性の大きさを調整することができるようしている。

図4において、床1には正のバネ特性を有する所定のバネ特性からなる支持機構（バネ要素）k1により中間台2が支持されており、さらに中間台2と除振テーブル3との間には負のバネ特性を有する磁気浮上機構4が配置されている。また、中間台2と除振テーブル3との間に正のバネ特性を有するバネ要素k2が磁気浮上機構4と並列に配置されている。除振テーブル3は本例では中間台2の全体を上側から覆うような断面が略コ字状をした形状となっている。さらに、除振テーブル3には荷重支持機構を構成する正のバネ特性k3を有する荷重支持機構が床1と除振テーブル3の間に配置されている。そして、前述した正のバネ特性を有する各支持機構k1、k3には、それぞれ必要に応じて減衰装置c1、c3を図に示すように並列に設ける。なお、本例では磁気浮上機構は中間台側に設けてあるが、除振テーブル3側に設けることもできる。

上記のような構成とすることにより、ゼロパワー磁気浮上機構だけによる負のバネ特性の大きさをknとすると、中間台に対する除振テーブルの負のバネ特性の大きさは（kn - k2）となり、これと正のバネ特性の大きさk1とを等しく設定すれば、直動外乱に対して略無限大の剛性を保持したまま、床振動に対する振動絶縁特性をより良好にすることが可能となる。

### 【0023】

図4に示した系を用いて、ゼロパワー磁気浮上機構と並列に正のバネ特性を有するバネ要素k2を挿入することにより、中間台に対する除振テーブルの負のバネ特性の大きさが

( $k_n - k_2$ ) となることを説明する。中間台が動かないと仮定する ( $x_1 = 0$ 、ただし  $x_1$  は中間台の平衡点からの変位) と、除振テーブルの運動方程式は、次式のように求められる。

【0024】

【数1】

$$m_2 \ddot{x}_2 = (k_n - k_2)x_2 + k_i i + f_d \quad (1)$$

ここで、

$x_2$  : 除振テーブルの平衡点からの変位

$k_n$  : 磁石の変位・吸引力係数

$k_i$  : 磁石の電流・吸引力係数

$i$  : 制御電流

$f_d$  : 除振テーブルに作用する直動外乱

【0025】

ゼロパワー制御を達成する制御入力は次のように表すことができる。

$$I(s) = -c_2(s)s X_2(s) \quad (2)$$

ここで  $c_2(s)$  は 0 (ゼロ) を極にもたない強プロバーな伝達関数で、制御系が安定になるように選定される。中間台が動かないと仮定されている場合には 2 次式以上の次数を持つ制御器によって安定化が可能となる。

簡単のため初期条件を零と仮定して (1) 式をラプラス変換し、これに式 (2) を代入して整理すると次式が得られる。なお、各変数のラプラス変換は対応する大文字で表している。

【0026】

【数2】

$$X_2(s) = \frac{1}{ms^2 + k_i c_2(s)s - (k_n - k_2)} F_d(s) \quad (3)$$

【0027】

直動外乱に対する剛性を評価するために、

$$F_d(s) = F_0 / s \quad F_0 : \text{一定} \quad (4)$$

とする。除振テーブルの中間台に対する変位  $x(\infty)$  は次のように求められる。

【0028】

【数3】

$$\frac{x_2(\infty)}{F_0} = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{1}{ms^2 + k_i c_2(s)s - (k_n - k_2)} \cdot \frac{1}{s} = -\frac{1}{k_n - k_2} \quad (5)$$

したがって、除振テーブルの中間台に対する負の剛性 (=力/変位) の大きさは  $k_n - k_2$  となる。

【0029】

図5は本発明の除振装置の第4実施例を示している。前記第2実施例(図3参照)では

出証特2004-3037427

、床1に対する中間台2の正のバネ特性の大きさ及び減衰特性は、バネ要素k1及び減衰装置c1によって決まってしまう。これに対して図5に示すように、これらの要素と並列にリニアアクチュエータA1を中間台2と除振テーブル3との間に挿入し、これを制御することにより正のバネ特性および減衰特性をより柔軟に調整することが可能となる。

図5において床1には正のバネ特性を有する支持機構（バネ要素k1）により中間台2が支持されており、さらにその支持機構k1と並列にリニアアクチュエータA1が配置されている。そして中間台2と除振テーブル3との間には負のバネ特性を有する磁気浮上機構4が配置されている。除振テーブル3は本例では中間台2の全体を上側から覆うような断面が略コ字状をした形状となっている。さらに、除振テーブル3には荷重支持機構を構成する正のバネ特性k3を有する荷重支持機構が床1と除振テーブル3の間に配置されている。前述した正のバネ特性を有する各支持機構k1、k3には、それぞれ必要に応じて減衰装置c1、c3が図に示すように並列に設けられている。なお、本例では磁気浮上機構は中間台側に設けてあるが、除振テーブル3側に設けることもできる。

### 【0030】

図6は本発明の除振装置の第5実施例を示している。第5実施例は、荷重支持機構として、従来のパッシブ除振装置で用いられている空気バネを使用した構成例である。

第5実施例では床1には正のバネ特性を有する所定のバネ特性からなる支持機構（バネ要素k1）により複数（本例では2台）の中間台2が支持されており、さらにそれぞれの中間台2と除振テーブル3との間には負のバネ特性を有するゼロパワー磁気浮上機構4が配置されている。さらに、除振テーブル3には荷重支持機構を構成する正のバネ特性k3を有する空気バネ9が床1との間に配置されている。そして、前述した正のバネ特性を有する支持機構k1には、必要に応じて減衰装置c1を並列に設けることができる。

この構成によりゼロパワー磁気浮上機構4を利用して負の剛性を実現し、その絶対値をk1と等しくすることによって、直動外乱に対する剛性を無限大とすることができます。したがって、従来のパッシブ除振絶縁特性を劣化させることなく、直動外乱に対する剛性を無限大とすることができる。

### 【0031】

図7は本発明の除振装置の第6実施例を示している。前記第6実施例は、負のバネ特性を有する支持機構を実現するのにアクチュエータ（リニアアクチュエータ）8を用いている。除振テーブル3は、正のバネ要素k3と減衰要素c3とからなる荷重支持機構5によって、床1から支持されている。この荷重支持機構5のバネ要素k3の上向きの力を利用することによって、リニアアクチュエータ8で支持する荷重を軽減できるので、リニアアクチュエータ8が小型のもののみ、低コスト化が図れる。なお、前記リニアアクチュエータ8の代わりに、ボイスコイルモータ、リニアモータ、空気圧アクチュエータ、油圧アクチュエータ等のリニアアクチュエータを使用することは当然である。

### 【0032】

図8は本発明の除振装置の第7実施例を示している。前記図7に示す第6実施例では、床に対する中間台の正のバネ特性の大きさ及び減衰特性は、バネ要素k1と減衰要素c1によって決まってしまう。これに対して図8に示す第7実施例では、バネ要素k1と減衰要素c1と並列に負のバネ特性を有するリニアアクチュエータ10を中間台2と床1との間に挿入し、これを制御することにより正のバネ特性及び減衰特性をより柔軟に調整することができる。

図8において、除振テーブル3は、正のバネ要素k3と減衰要素c3とからなる荷重支持機構5によって、床1から支持されている。また、中間台は、正のバネ要素k1と減衰要素c1とからなる支持機構によって、床1から支持されている。さらに前記バネ要素k1と減衰要素c1と並列に中間台と床1との間には負のバネ特性を有するリニアアクチュエータ10が配置される。また、中間台2と除振テーブル3との間には、負のバネ特性を有するアクチュエータ（リニアアクチュエータ）8と正のバネ特性を有するバネ要素k2が配置される。なお、中間台2と除振テーブル3との間の正のバネ特性を有するバネ要素k2は、削除することも可能である。また、前記リニアアクチュエータ8、10の代わり

に、ボイスコイルモータ、リニアモータ、空気圧アクチュエータ、油圧アクチュエータ等のリニアアクチュエータを使用することは当然である。

#### 【0033】

図9は本発明の除振装置の第8実施例を示している。第8実施例は、荷重支持機構5として、従来のパッシブ除振装置で用いられている空気バネを利用した場合の除振装置の構成例である。

第8実施例では床1には正のバネ特性を有する所定のバネ特性からなる支持機構により複数（本例では2台）の中間台2が支持されており、さらにそれぞれの中間台2と除振テーブル3との間には負のバネ特性を有するリニアアクチュエータ8が配置されている。除振テーブル3は本例では中間台2の全体を上側から覆うような形状となっており、さらに、除振テーブル3には荷重支持機構5を構成する正のバネ特性を有する空気バネ9が床1との間に配置されている。そして、前述した正のバネ特性を有する支持機構k1には、必要に応じて減衰装置c1を図に示すように並列に設ける。この構成によりリニアアクチュエータを利用して負の剛性を実現し、その絶対値をk1と等しくすることによって、直動外乱に対する剛性を無限大とすることができる。したがって、従来のパッシブ除振絶縁特性を劣化させることなく、直動外乱に対する剛性を無限大とすることができる。

#### 【0034】

以上、本発明の除振方法およびその装置の実施の形態を説明してきたが、本発明の趣旨の範囲内で、中間台および除振テーブルの形状、形式、電磁石および永久磁石の形状、形式およびそれらの配設形態（電磁石を中間台あるいは除振テーブルに設置するか、永久磁石を除振テーブルあるいは中間台に設置するか、永久磁石に加えて強磁性体を併設するか、もしくは永久磁石を電磁石の鉄心に組み込んで除振テーブルあるいは中間台のいずれか一方にのみ設置し、他方には強磁性体を設置するように構成してもよい）、アクチュエータ、バネおよび減衰装置の形状、形式およびその中間台への配設形態（床と中間台との間にはバネに加えて適宜の減衰装置を併設してもよい）、ゼロパワー制御手段、アクチュエータの制御手段（変位センサの種類、制御回路の形式、電力増幅形態およびそれらによるアクチュエータの制御形態）、除振の方向（前述の各実施の形態では、主として垂直方向の除振について説明したが、水平方向の除振、あるいは垂直方向および水平方向を同時に除振するように構成できることは言うまでもない。）等については適宜選定できる。また、床は所謂基台のことであり、また中間台、除振テーブルの形状も適宜形状のものを選択できる。

#### 【0035】

また本発明はその精神また主要な特徴から逸脱することなく、他の色々な形で実施することができる。そのため前述の実施例は単なる例示に過ぎず、限定的に解釈してはならない。更に特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は全て本発明の範囲内のものである。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0036】

本発明は、

- (1) 半導体露光装置やレーザー加工装置などの精密機器・装置
- (2) 電子顕微鏡、STM、AFMなどの超精密計測
- (3) 超微細加工分野

等に利用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0037】

【図1】本発明の原理を説明する図である。

【図2】本発明の除振装置の第1実施例を示す図である。

【図3】本発明の除振装置の第2実施例を示す図である。

【図4】本発明の除振装置の第3実施例を示す図である。

【図5】本発明の除振装置の第4実施例を示す図である。

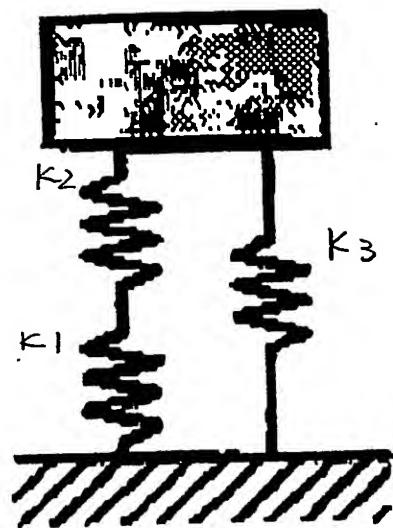
- 【図6】本発明の除振装置の第5実施例を示す図である。
- 【図7】本発明の除振装置の第6実施例を示す図である。
- 【図8】本発明の除振装置の第7実施例を示す図である。
- 【図9】本発明の除振装置の第8実施例を示す図である。
- 【図10】従来のバネ系の除振システムの図である。
- 【図11】従来のアクティブ除振システムの説明図である。

【符号の説明】

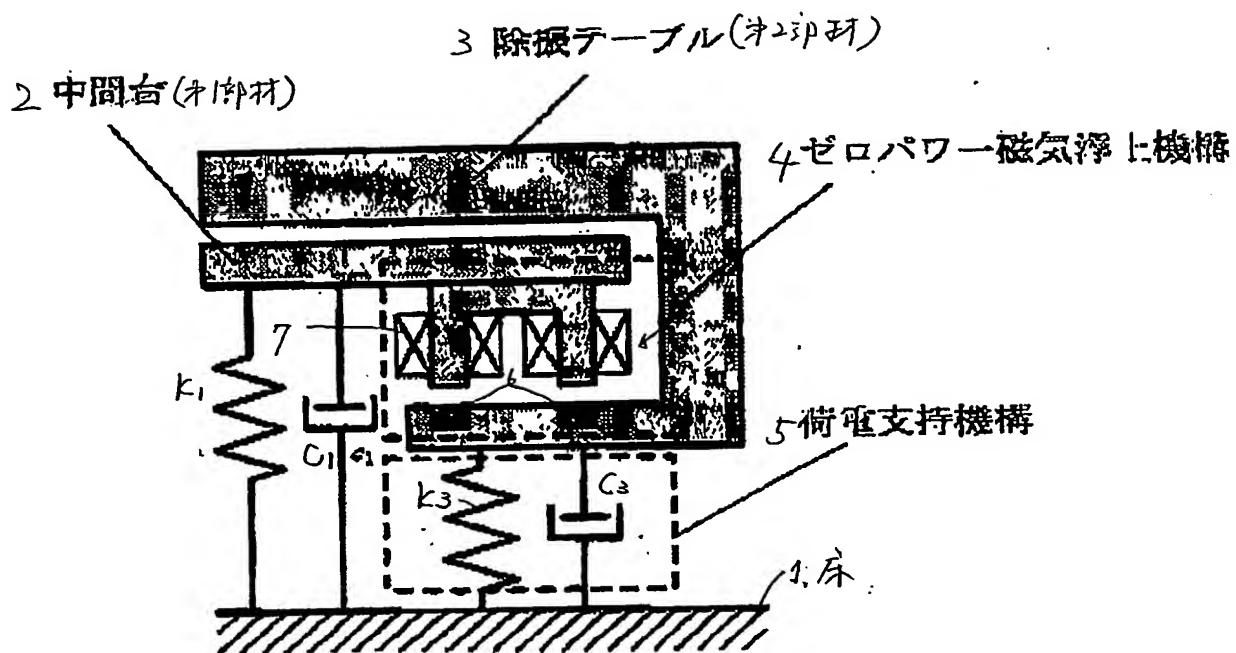
【0038】

- 1 床（基台、第1部材）
- 2 中間台
- 3 除振テーブル（第2部材）
- 4 磁気浮上機構
- 5 荷重支持機構
- 6 永久磁石
- 7 電磁石
- 8、10、A1 アクチュエータ（リニアアクチュエータ）
- 9 空気バネ
- k1 ~ k3 支持機構（バネ要素）
- c1 ~ c3 減衰装置

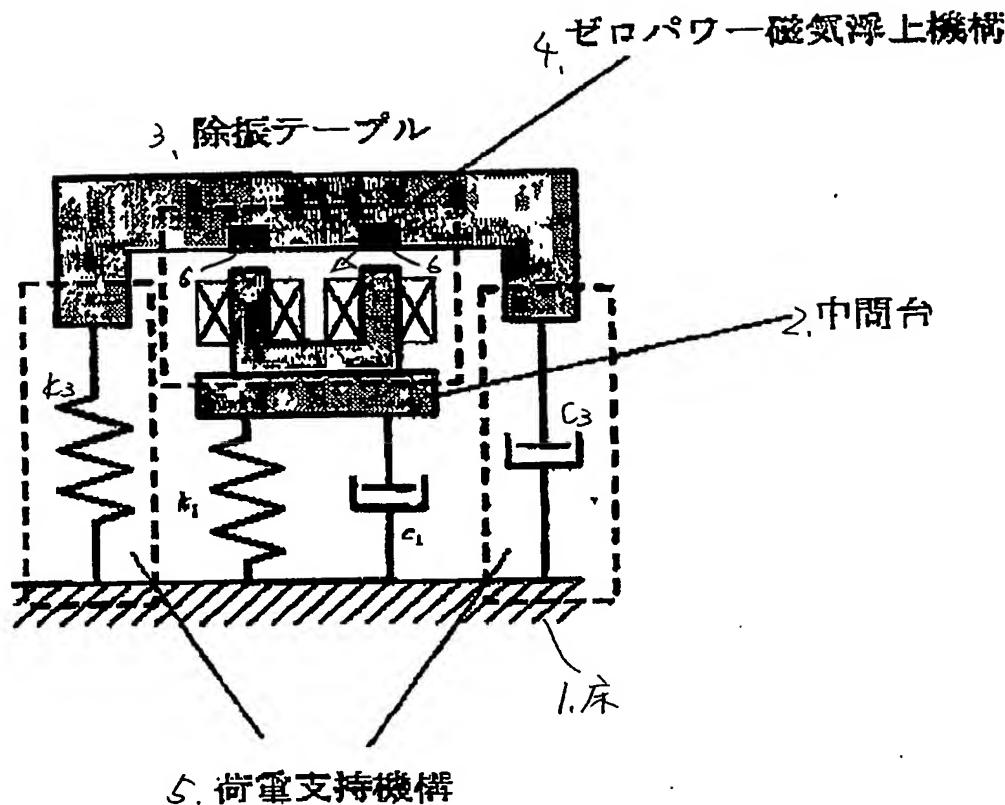
【書類名】 図面  
【図 1】



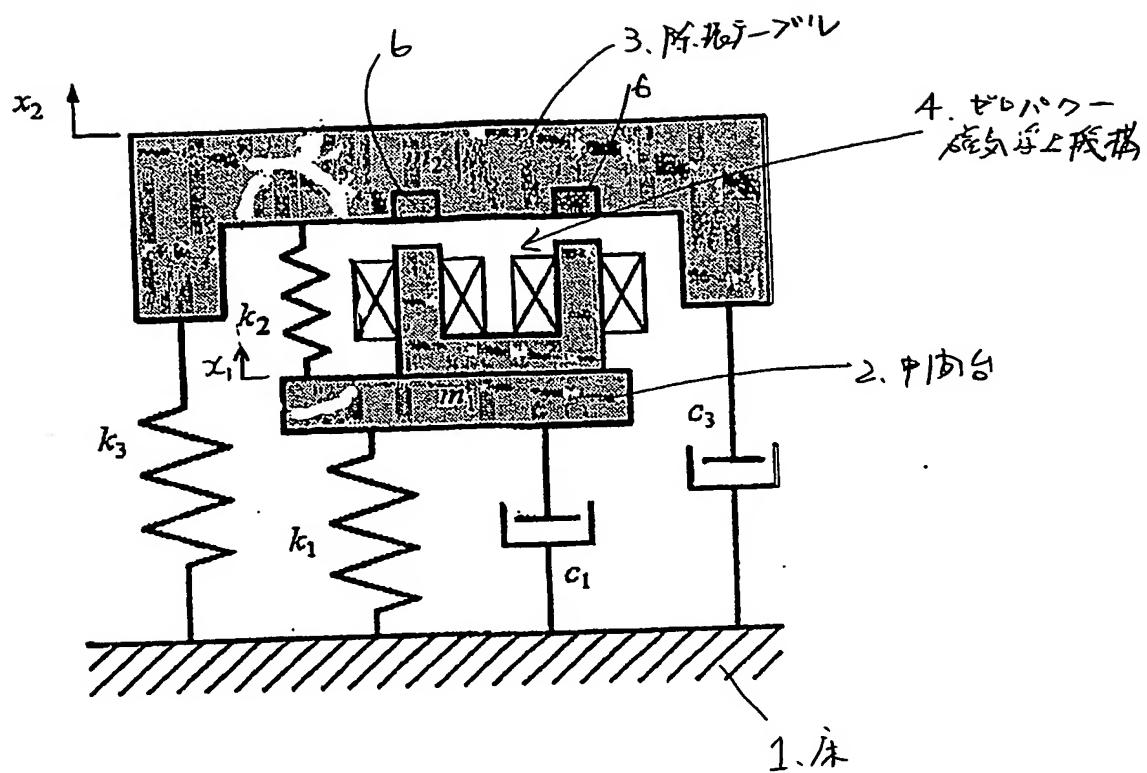
【図2】



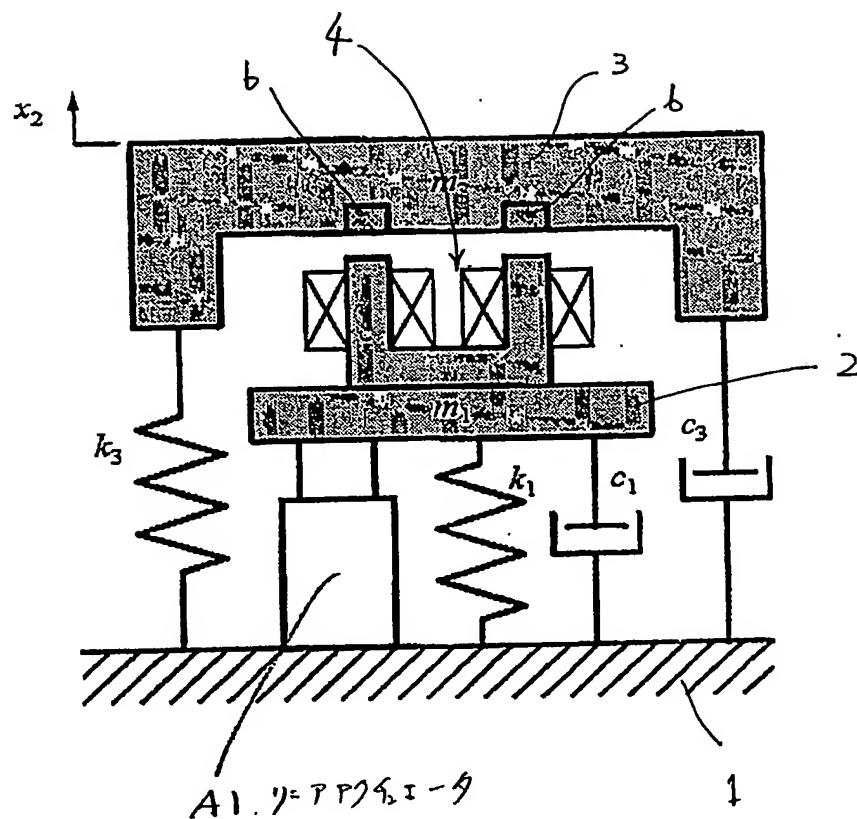
【図3】



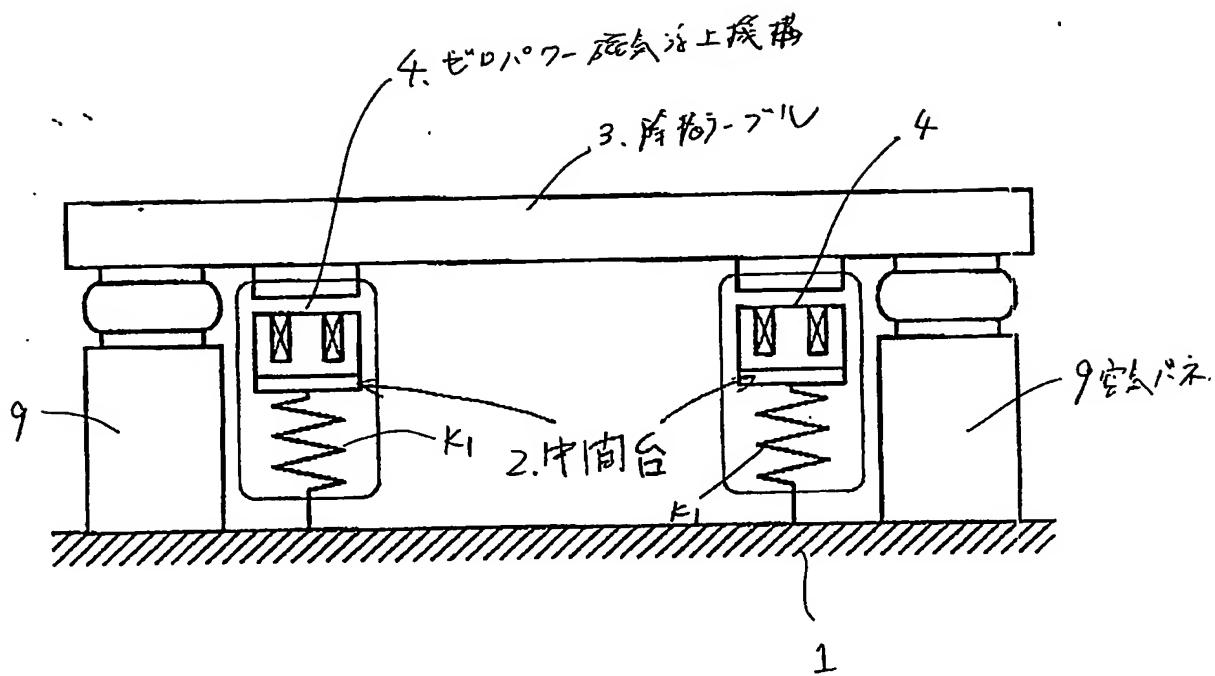
【図4】



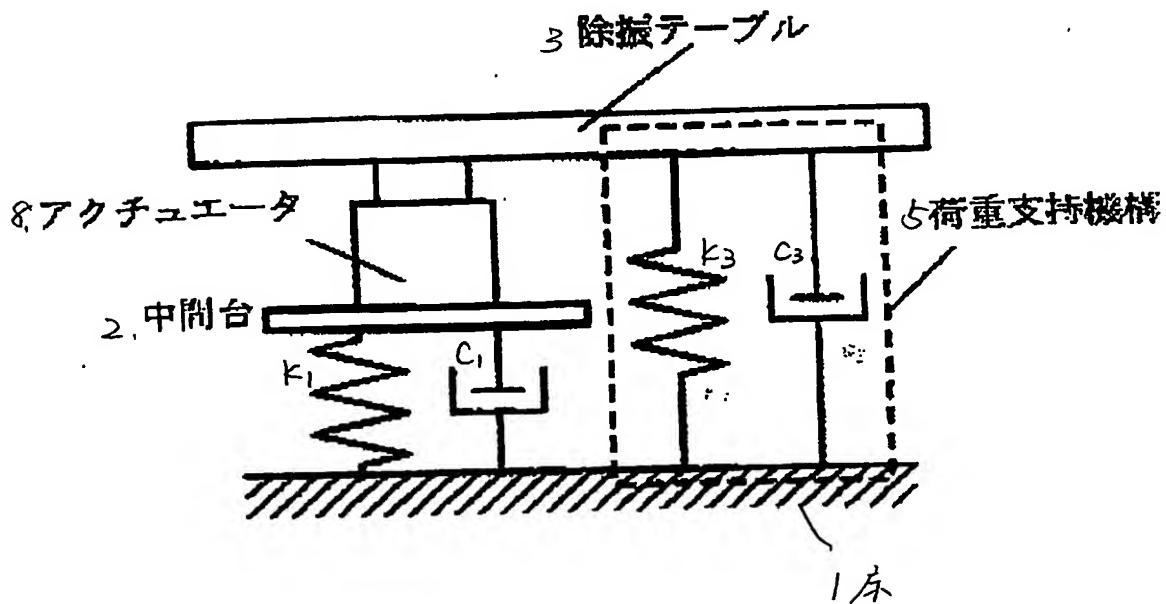
【図5】



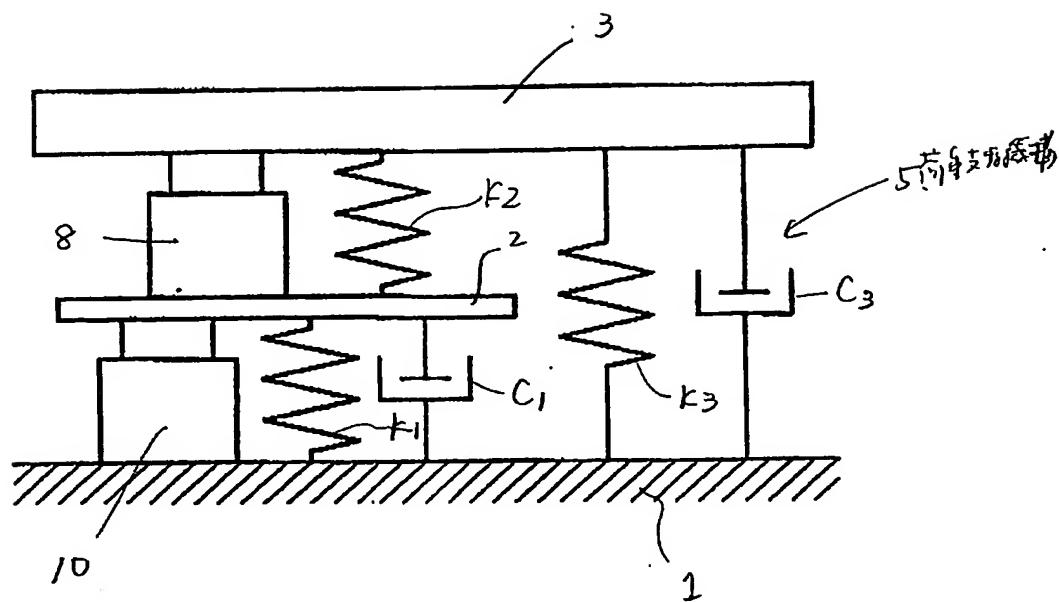
【図6】



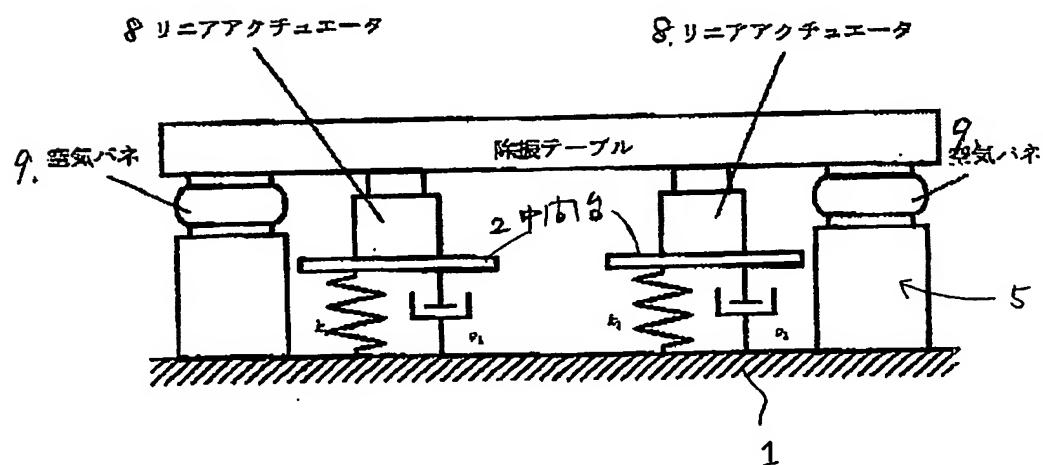
【図7】



【図8】



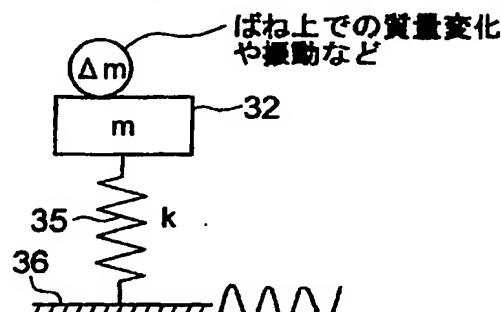
【図9】



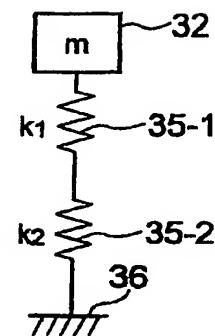
【図10】

(A)

直動外乱(ばね上に発生する外乱)



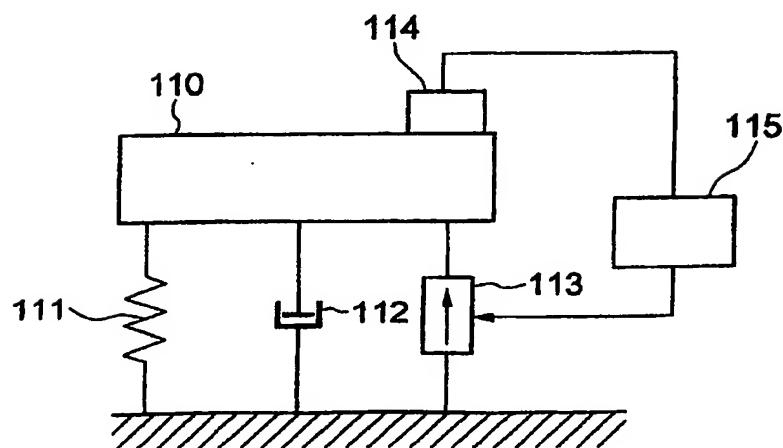
(B)



地動外乱(設置床からの振動)

従来の除振システム

【図11】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】正のバネ特性を有する支持機構と並列に、正のバネ特性を有する支持機構と負のバネ特性を有する支持機構を直列に接続した支持機構を配置してなる除振方法を提供する。

【解決手段】床1と第1部材2との間にバネを配設して床から第1部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第1部材2と第2部材3との間に永久磁石と電磁石とから構成されるゼロパワー特性を有する磁気浮上機構4を配設し、さらに床と第2部材との間に正のバネ特性を有する荷重支持機構5を配設することにより、前記第1部材から第2部材に伝わる振動を絶縁するとともに、前記第2部材に係る荷重を前記磁気浮上機構と前記荷重支持機構により支持できるようにしたことを特徴とする除振方法。

【選択図】

図1

【書類名】 手続補正書  
【整理番号】 Y2003-P185  
【提出日】 平成15年10月 7日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【事件の表示】  
  【出願番号】 特願2003-319165  
【補正をする者】  
  【識別番号】 396020800  
  【氏名又は名称】 科学技術振興事業団  
【代理人】  
  【識別番号】 100099265  
  【弁理士】  
  【氏名又は名称】 長瀬 成城  
【手続補正】  
  【補正対象書類名】 特許願  
  【補正対象項目名】 発明者  
  【補正方法】 追加  
  【補正の内容】  
    【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都稻城市向陽台 6-19-1-504  
    【氏名】 水野 育  
    【発明者】  
    【住所又は居所】 埼玉県所沢市三ヶ島 3-1442-6  
    【氏名】 木下 大輔  
【その他】 出願代理人の錯誤により、発明者が水野 育、木下 大輔の2名であるべきところ、発明者を水野 育1名として出願手続をしてしまいました。このため、発明者を水野 育、木下 大輔の2名に訂正いたします。

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-319165
受付番号	50301667108
書類名	手続補正書
担当官	吉野 幸代 4243
作成日	平成16年 1月30日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【補正をする者】

【識別番号】	396020800
【住所又は居所】	埼玉県川口市本町4丁目1番8号
【氏名又は名称】	科学技術振興事業団
【代理人】	申請人
【識別番号】	100099265
【住所又は居所】	東京都千代田区猿楽町2-4-2 小黒ビル 長瀬国際特許事務所
【氏名又は名称】	長瀬 成城

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）  
【提出日】 平成15年10月31日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【事件の表示】  
【出願番号】 特願2003-319165  
【承継人】  
【識別番号】 503360115  
【住所又は居所】 埼玉県川口市本町四丁目1番8号  
【氏名又は名称】 独立行政法人科学技術振興機構  
【代表者】 沖村 憲樹  
【連絡先】 〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 独立行政法人科学技術振興機構 知的財産戦略室 佐々木吉正 TEL 03-5214-8486 FAX 03-5214-8417

【提出物件の目録】  
【物件名】 権利の承継を証明する書面 1  
【援用の表示】 平成15年10月31日付提出の特第許3469156号にかかる一般承継による移転登録申請書に添付のものを援用する。  
【物件名】 登記簿謄本 1  
【援用の表示】 平成15年10月31日付提出の特第許3469156号にかかる一般承継による移転登録申請書に添付のものを援用する。

特願 2003-319165

出願人履歴情報

識別番号 [396020800]

1. 変更年月日 1998年 2月 24日

[変更理由] 名称変更

住所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
氏名 科学技術振興事業団

特願 2003-319165

出願人履歴情報

識別番号 [503360115]

1. 変更年月日 2003年10月 1日

[変更理由] 新規登録

住所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
氏名 独立行政法人 科学技術振興機構

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**